

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06140218 A**

(43) Date of publication of application: **20.05.94**

(51) Int. Cl.

H01F 1/053
H01F 1/08
// H01F 7/02

(21) Application number: **04290974**

(22) Date of filing: **29.10.92**

(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**

(72) Inventor: **SHIMIZU JIRO**
ITOYAMA MASARU
SATOU YOSHITOSHI

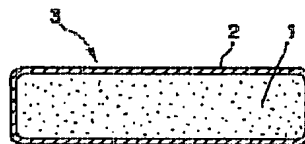
**(54) SHOCK-RESISTANT RARE-EARTH COBALT
MAGNET AND MANUFACTURE THEREOF**

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a shock-resistant rare-earth cobalt magnet, whose shock resistance and mechanical strength are improved without reducing its magnetic characteristics, and a method of manufacturing the cobalt magnet.

CONSTITUTION: A single-layer metal-plated layer 2 having a thickness, which exceeds $2\mu\text{m}$ and is $7\mu\text{m}$ or thinner, is formed on the surface of a magnet main body 1 consisting of a rare-earth cobalt sintered material, which is shown by the composition formula R_1Co_5 or R_2Co_{17} (where R is at least one of a metal of rare-earth metals of Sm, Pr, La, etc.).

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-140218

(43)公開日 平成 6 年(1994) 5 月20日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 1/053				
	1/08	B		
// H 0 1 F 7/02		Z		
			H 0 1 F 1/ 04	B

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-290974

(22)出願日 平成 4 年(1992)10月29日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 清水 二郎

神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株
式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 糸山 勝

神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株
式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 佐藤 孔俊

神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株
式会社東芝横浜事業所内

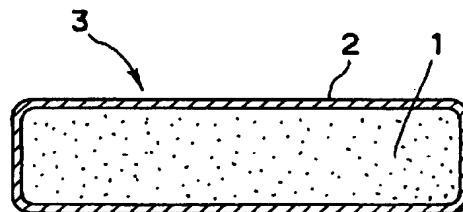
(74)代理人 弁理士 波多野 久 (外 1 名)

(54)【発明の名称】 耐衝撃性希土類コバルト磁石およびその製造方法

(57)【要約】

【目的】磁気特性を損うことなく耐衝撃性および機械的強度を高めた耐衝撃性希土類コバルト磁石およびその製造方法を提供する。

【構成】組成式 $R_1 Co_5$ または $R_2 Co_{17}$ (但し R は Sm, Pr, La などの希土類金属の少なくとも 1 種) で表わされる希土類コバルト焼結体から成る磁石本体 1 の表面に厚さ $2 \mu m$ を超え $7 \mu m$ 以下の単層金属めっき層 2 を形成したことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 組成式 R_1Co_5 または R_2Co_{17} （但しRはSm, Pr, Laなどの希土類金属の少なくとも1種）で表わされる希土類コバルト焼結体から成る磁石本体の表面に厚さ $2\mu m$ を超え $7\mu m$ 以下の単層金属めっき層を形成したことを特徴とする耐衝撃性希土類コバルト磁石。

【請求項2】 単層金属めっき層がニッケル（Ni）から成ることを特徴とする請求項1記載の耐衝撃性希土類コバルト磁石。

【請求項3】 磁石本体の表面粗さが最大高さ（ R_{max} ）基準で $2\sim 10\mu m$ であることを特徴とする請求項1記載の耐衝撃性希土類コバルト磁石。

【請求項4】 単層金属めっき層の厚さが $3\mu m$ を超え $5\mu m$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の耐衝撃性希土類コバルト磁石。

【請求項5】 組成式 R_1Co_5 または R_2Co_{17} （但しRはSm, Pr, Laなどの希土類金属の少なくとも1種）で表わされる希土類コバルト焼結体から成る磁石本体の表面を研磨加工することにより、表面粗さを最大高さ（ R_{max} ）基準で $2\sim 10\mu m$ とした後に、磁石本体表面に厚さが $2\mu m$ を超え $7\mu m$ 以下の単層金属めっき層を形成することを特徴とする耐衝撃性希土類コバルト磁石の製造方法。

【請求項6】 組成式 R_1Co_5 または R_2Co_{17} （但しRはSm, Pr, Laなどの希土類金属の少なくとも1種）で表わされる希土類コバルト焼結体から成る磁石本体の表面を研磨加工し、表面粗さを最大高さ（ R_{max} ）基準で $10\mu m$ 超とした後に、磁石本体表面に厚さが $2\mu m$ を超え $7\mu m$ 以下の単層金属めっき層を形成することを特徴とする耐衝撃性希土類コバルト磁石の製造方法。

【請求項7】 組成式 R_1Co_5 または R_2Co_{17} （但しRはSm, Pr, Laなどの希土類金属の少なくとも1種）で表わされる希土類コバルト焼結体から成る磁石本体の表面を研磨加工等の表面粗さ調整処理を行なうことなく厚さが $2\mu m$ を超え $7\mu m$ 以下の単層金属めっき層を直接形成することを特徴とする耐衝撃性希土類コバルト磁石の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は耐衝撃性希土類コバルト磁石およびその製造方法に係り、特に磁気特性を損うことなく耐衝撃性および機械的強度を高めた耐衝撃性希土類コバルト磁石およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来から RCo_5 あるいは R_2Co_{17} （但しRはSm, Y, Ce, La, Prなどの希土類金属の少なくとも1種）で表わされる金属間化合物から成る焼結体磁石として、 $SmCo_5$ 、 Sm_2Co_{17} 等の

焼結体磁石が、発電機、電動機、精密計測器、家電製品、複写機、医療機器、自動車部品、玩具等の広い分野で実用化されている。

【0003】 これらの磁石は、通常下記のような工程を経て製造されている。例えば $SmCo_5$ を例に採れば、Sm原料とCo原料とを溶解鑄造後、得られた鑄塊を焼鈍した後に非酸化性雰囲気中でボールミル等の粉碎機を使用して微粉末化し、得られた原料微粉末を磁界中で圧粉成形を行ない、得られた成形体を不活性ガス雰囲気中で焼結して製造されている。

【0004】 ところで、上記希土類コバルト磁石を構成するSm, Pr, Laなどの希土類金属は、空気中において自然酸化されて、より安定な酸化物に移行し、磁気特性が経時的に劣化する問題点を有していた。

【0005】 上記対策として、例えば特公昭57-21842号公報には、厚さ $0.1\sim 0.5\mu m$ のNi等の金属めっき層を $SmCo_5$ 焼結体磁石の表面に形成する技術が開示されており、この金属めっき層による酸素の遮断効果により、酸化による磁気特性の劣化が防止されている。一方、特開昭56-81908号公報では、上記酸化防止と共に、焼結体磁石の強度向上を目的として、厚さ $10\sim 50\mu m$ の樹脂被覆あるいは厚さ $1\mu m$ の無電解Niめっき層の表面にさらに厚さ $2\mu m$ のAuめっき層を複層構造にして形成する旨の構成が記載されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、特公昭57-21842号公報に記載された $SmCo_5$ 磁石では、 $0.1\sim 0.5\mu m$ の金属めっき層が形成されているため、酸化による磁気特性の防止効果は優れているものの、耐衝撃性等の改善効果はほとんどなく、使用時に割れや欠けが発生し易い欠点があった。また、特開昭56-81908号公報に開示されているように厚さ $1\mu m$ の無電解めっき層上にさらに $2\mu m$ のAuめっき層を複層構造となるように形成した希土類磁石でも耐衝撃性等の改善効果は少なく、さらにめっき工程が2回になると共に1度目のめっき後、洗浄、乾燥工程を加えなければならず製造工程が増加・複雑化して製造コストも大幅に上昇するという問題点を有していた。また、Niめっき層とAuめっき層との接合部において剥離が生じる場合もあり、耐衝撃性が不十分となる問題点もあった。さらに金属めっき層を複層構造で形成した場合には隣接する各金属めっき層の界面部に磁氣的ギャップが形成され易く、残留磁束密度などの磁気特性が低下し易くなる問題点もあった。

【0007】 近年、産業用機器、家電製品、自動車部品等に使用される各種モータ、センサ、精密計測器、時計部品などのように、希土類コバルト磁石を使用する機器や部品自体の小型化および高機能化に伴い、その磁気特性と共に希土類コバルト磁石自体に要求される耐衝撃性

および機械的強度特性も高くなり、従来の磁石では、満足できる耐衝撃性、機械的強度特性を得ることは困難であった。

【0008】本発明は上記問題点を解決するためになされたものであり、磁石本来の磁気特性を損うことなく耐衝撃性および機械的強度を高めた耐衝撃性希土類コバルト磁石およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明に係る耐衝撃性希土類コバルト磁石は、組成式 R_1Co_5 または R_2Co_{17} （但しRはSm, Pr, Laなどの希土類金属の少なくとも1種）で表わされる希土類コバルト焼結体から成る磁石本体の表面に厚さ $2\mu m$ を超え $7\mu m$ 以下の単層金属めっき層を形成したことを特徴とする。

【0010】また磁石本体の表面粗さが最大高さ（ R_{max} ）基準で $2\sim 10\mu m$ に設定することが好ましい。

【0011】さらに本発明に係る耐衝撃性希土類コバルト磁石の第1の製造方法は、組成式 R_1Co_5 または R_2Co_{17} （但しRはSm, Pr, Laなどの希土類金属の少なくとも1種）で表わされる希土類コバルト焼結体から成る磁石本体の表面を研磨加工することにより、表面粗さを最大高さ（ R_{max} ）基準で $2\sim 10\mu m$ とした後に、磁石本体表面に厚さが $2\mu m$ を超え $7\mu m$ 以下の単層金属めっき層を形成することを特徴とする。

【0012】また本発明に係る耐衝撃性希土類コバルト磁石の第2の製造方法は、組成式 R_1Co_5 または R_2Co_{17} （但しRはSm, Pr, Laなどの希土類金属の少なくとも1種）で表わされる希土類コバルト焼結体から成る磁石本体の表面を研磨加工することにより、表面粗さを最大高さ（ R_{max} ）基準で $10\mu m$ 超とした後に、磁石本体表面に厚さが $2\mu m$ を超え $7\mu m$ 以下の単層金属めっき層を形成することを特徴とする。

【0013】また本発明に係る耐衝撃性希土類コバルト磁石の第3の製造方法は、組成式 R_1Co_5 または R_2Co_{17} （但しRはSm, Pr, Laなどの希土類金属の少なくとも1種）で表わされる希土類コバルト焼結体から成る磁石本体の表面に研磨加工等の表面粗さ調整処理を行なうことなく厚さが $2\mu m$ を超え $7\mu m$ 以下の単層金属めっき層を直接形成することを特徴とする。

【0014】ここで上記単層金属めっき層は希土類磁石の耐衝撃性および機械的強度を改善するために形成される。単層金属めっき層を構成する金属としては、Ni, Ni-P, Ni-S, Cu, Ni-Co合金、Al, Cr, Sn, Ag, Zn, 亜鉛クロメート、Auなどの金属単体または合金が使用されるが、特に耐衝撃性、機械的強度向上にはN, Ni-Pが好ましい。

【0015】単層金属めっき層の形成方法として、磁石本体をめっき槽内で回転力を付与しながら無電解めっき

を実施したり、イオンめっき法や電解めっき法を使用することもできる。ここで無電解めっき法の場合、希土類コバルト磁石へのめっき施工においてもピンホールが少なく磁石本体の表面各部に均一な厚さのめっき層を形成することができる。また電解めっき法の場合は無電解めっき法の場合に比べ膜厚の均一性は劣るものの比較的短時間で所定厚さのめっき層を形成することができる。

【0016】なお、一般に、焼結体への金属層の被覆手段としてはめっき法の他、溶射法等の各種の被覆方法があるが、耐衝撃性、機械的強度に優れ密着強度の高い希土類コバルト磁石を工業的に安価に生産する場合には、めっき法が優れており、したがって本発明の被覆手段はめっき法のみに限定される。

【0017】上記単層金属めっき層の厚さは磁石の耐衝撃性および機械的強度に大きな影響を与えるものであり、本発明では $2\mu m$ を超え $7\mu m$ 以下に設定される。単層金属めっき層の厚さが $2\mu m$ 以下と過小である場合には耐衝撃性および強度の改善効果が少ない一方、厚さが $7\mu m$ を超えるように過大となると、磁気特性が低下するとともにめっき処理時間が急激に増加し、磁石の製造コストも急増してしまうからである。したがって単層金属めっき層の厚さは $2\mu m$ を超え $7\mu m$ 以下に設定されるが、さらに $3\mu m$ を超え $5\mu m$ 以下に設定することが望ましい。すなわち希土類コバルト磁石の適用する用途により要求される耐衝撃性、機械的強度も多少異なるが、一般に、モータ、センサ、計測器等に適用される比較的小型の希土類コバルト磁石の場合には、めっき工程の所要時間を短縮する観点から厚さ $3\mu m$ を超え $5\mu m$ 未満にすることがさらに好ましい。

【0018】また上記単層金属めっき層を形成する前の磁石本体の表面粗さの大小は、磁石自体の耐衝撃性および単層金属めっき層の密着強度に大きな影響を及ぼす要因であり、特に表面粗さが大きいと密着強度は増大する傾向にあるが、割れの起点となる欠陥部が形成され易くなり耐衝撃性を低下させる原因となる。本発明では最大高さ（ R_{max} ）基準で $2\sim 10\mu m$ に設定することが耐衝撃性、密着強度の両特性を同時に満たす上で望ましい。また表面粗さを $2\mu m R_{max}$ 未満までに平滑に仕上げる場合には、ポリッシングやラッピング等の高精度の研磨加工が必要になり、加工時間および加工コストも急増する問題もある。他方、表面粗さが $10\mu m R_{max}$ を超える場合には割れの発生となる凹部が形成されて、磁石の耐衝撃性および機械的強度が低下する場合がある。上記 $2\sim 10\mu m R_{max}$ の範囲に表面粗さを調整するためには、汎用のレジンボンド砥石による研削加工で充分であり、加工コストも低い。

【0019】また、表面粗さが $10\mu m R_{max}$ を超える研磨加工を行なった後、厚さ $2\mu m$ を超え $7\mu m$ 以下の単層金属めっき層を形成することも可能である。通常、焼結したままの磁石本体表面は表面粗さ（ R_{max} ）が1

0 μm 程度と測定されても測定部分により著しく異なり、部分により数十 μm ～100 μm 程度の大きな溝（凹部）が存在する。表面粗さが10 $\mu\text{m Rmax}$ を超える研磨加工でもこれらの大きな溝（凹部）を除去することができるため耐衝撃性および機械的強度も研磨加工を施さない場合に較べ向上する。この研磨加工としてはラップ加工あるいは砥粒粒度が粗いレジンボンド砥石を用いた研磨加工が挙げられる。

【0020】しかしながら、上記研磨加工を実施せずに、焼結したままの磁石本体表面に直接厚さ2 μm を超え7 μm 以下の単層金属めっき層を形成することも可能である。この場合においても厚さ2 μm 以下の単層金属めっきに較べ耐衝撃性および機械的強度は向上し、また製造工程が減少するという利点を有する。この場合、焼結したままの磁石本体に発生したバリ、あるいは磁石本体に付着している粉体等をパレル処理、ブラスト処理等で除去することが望ましい。

【0021】

【作用】上記構成に係る耐衝撃性希土類コバルト磁石および製造方法によれば、硬くて脆い磁石本体表面に厚さ2 μm を超え7 μm 以下の単層金属めっき層を形成しているため、磁気特性を損うことなく磁石の耐衝撃性および機械的強度を大幅に改善することができ、希土類コバルト磁石を使用する機器の耐久性および動作信頼性を大幅に向上させることができる。

【0022】さらに金属めっき層を単層で形成しているため、従来の複層構造の金属めっき層と比較して、めっき工程が1回と簡素になり、製造コストが大幅に低減され、さらに複層構造の場合に発生し易い各めっき層の剥離がない。さらに各めっき層間に磁氣的ギャップが形成されないため、磁気特性が低下するおそれも少ない。

【0023】さらに単層金属めっき層を形成する前の磁石本体の表面粗さを研磨加工により2～10 $\mu\text{m Rmax}$ にあるいは10 $\mu\text{m Rmax}$ 以上にすることにより、磁石本体と単層金属めっき層との密着強度が高まるとともに、割れの発生起点となる欠陥が減少するため、磁石の耐衝撃性および機械的強度をさらに向上させることができる。

【0024】また、研磨加工を施さない場合には製造工程数を減少させることができ、簡単に上記目的の希土類コバルト磁石を製造することができる。

【0025】

【実施例】次に本発明の一実施例について添付図面を参照してより具体的に説明する。

【0026】実施例1～7

$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ となるようにSmが重量比で23.1重量%と残部Coから成る原料混合体を高周波溶解炉で溶解してインゴットを調製し、このインゴットをArガス雰囲気の中加熱炉で温度1050℃で5時間焼鈍し、ハンマクラッシャーで粗粉碎を行なった後に、さらに得られた粗

粉末をアルミナ質セラミックポット中で約20時間粉碎混合して平均粒径3～5 μm の粉末に調整した。次に得られた $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 粉末を成形圧力2 t/cm²、印加磁界12000エルステッドで磁場成形し、得られた成形体をアルゴンガス雰囲気中で温度1100℃～1200℃で60分焼結した後、溶体化処理、時効処理を施し、直径9.5mmで厚さ1.5mmの $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石本体を多数製造した。

【0027】次に得られた $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石本体の表面をレジンボンド砥石を使用して研削加工し、表1に示すように、それぞれ表面粗さが4～10 $\mu\text{m Rmax}$ （実施例1～6用）となるように調整した。また研削加工を実施しない試料として実施例7用の磁石本体を用意した。

【0028】次に上記研削加工を実施した各試料（実施例1～6用）および研削加工を実施しない試料（実施例7用）に対して無電解めっき法により表1に示すように厚さ2.5～7 μm の単層Niめっき層を形成し、図1に示すような $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石本体1の全表面に均一な単層Niめっき層2を形成した実施例1～7に係る $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石3を製造した。

【0029】比較例1

実施例7において調製した磁石本体1に研削加工を実施せず、またNiめっきを実施せずにそのまま比較例1に係る $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石とした。

【0030】比較例2

実施例7において調製した磁石本体1に研削加工を実施せずに直接厚さ1.5 μm の単層Niめっき層を無電解めっき法により形成し、比較例2に係る $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石を調製した。

【0031】比較例3

実施例7において調製した磁石本体の表面を研削加工してその表面粗さを4 $\mu\text{m Rmax}$ とし、Niめっき層を形成せずに比較例3に係る $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石とした。

【0032】比較例4

実施例7において調製した磁石本体1の表面を研磨加工せずに、表面に無電解めっき法にて厚さ1 μm のNiめっき層を直接形成し、さらにNiめっき層表面に厚さ2 μm の金（Au）めっき層を形成して複層構造を有する比較例4に係る $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石を調製した。

【0033】こうして調製した実施例1～7および比較例1～4に係る各 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石の耐衝撃性を評価するため、衝撃試験を実施した。

【0034】なお衝撃試験は図2に示すような衝撃試験装置4を使用して実施した。すなわち衝撃試験装置4は、厚さ30mmの鋼製基台5と、この鋼製基台5上に立設された支柱6と、この支柱6に摺動自在に装着され、重さ5.47gの鋼球7を着脱自在に保持する保持金具8とから成る。そして衝撃試験では、鋼製基台5上に各試料（ $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石）3を1個ずつ載置し、この1個の試料3に対して所定の落下高さ（H）から鋼球7を

一回自然落下させて試料3に衝撃を加え、割れや欠けを生じた試料数の全試料数に対する割合を破損発生率として算出し、各試料の種類毎の耐衝撃性を評価した。 *

* 【0035】測定結果を下記表1に示す。
【0036】
【表1】

試料No	磁石本体		金属めっき層		衝撃試験による破損発生率(%)						
	組成	表面粗さ (μm)	種類	厚さ (μm)	落下高さH (mm)						
					10	50	100	150	200	250	300
実施例1	$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$	4	Ni	2.5	0	0	0	3	6	10	15
実施例2	$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$	4	Ni	3.5	0	0	0	0	0	3	5
実施例3	$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$	4	Ni	5	0	0	0	0	0	0	0
実施例4	$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$	4	Ni	7	0	0	0	0	0	0	0
実施例5	$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$	10	Ni	4	0	0	0	0	3	6	10
実施例6	$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$	5	Ni	4	0	0	0	0	0	3	5
実施例7	$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$	15	Ni	4	0	0	0	3	6	11	15
比較例1	$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$	15	-	0	0	70	95	-	-	-	-
比較例2	$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$	15	Ni	1.5	0	30	56	95	-	-	-
比較例3	$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$	4	-	0	0	40	70	-	-	-	-
比較例4	$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$	15	Ni Au	2	0	0	10	18	35	60	-

【0037】表1に示す結果から明らかなように、磁石本体表面に厚さ2.5~7 μm の単層Niめっき層を形成した実施例1~7に係る $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石では、落下高さ(H)が150mmまではほとんど割れや欠けが発生せず、優れた耐衝撃性が発揮されることが確認された。特に単層Niめっき層を形成するに先立って磁石本体表面の粗さを4~5 μmRmax に研削加工した実施例1~4, 6に係る $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石においては、単層Niめっき層と磁石本体との密着強度が高まり、また割れの発生起点となる微小欠陥が低減されるため、破損発生率は落下高さが300mmの範囲まで極めて少なく優れた耐衝撃性を有することが実証された。また研削加工を実施せずに粗面(15 μmRmax)に直接単層Niめっき層を

形成した実施例7に係る磁石では上記実施例と比較すると相対的には耐衝撃性が低下しているが、比較例に較べれば高い値を示した。

【0038】一方、研削加工を実施せず、またNiめっき層も形成しない比較例1に係る磁石では、落下高さ(H)が50mmで70%が破損し実用に耐えないことが判明した。また他の比較例も同様な値を示した。

【0039】

【発明の効果】以上説明の通り本発明に係る耐衝撃性希土類コバルト磁石およびその製造方法は、硬くて脆い磁石本体表面に厚さ2 μm を超え7 μm 以下の単層金属めっき層を形成しているため、磁気特性を損うことなく磁石の耐衝撃性および機械的強度を大幅に改善することが

でき、希土類コバルト磁石を使用する機器の耐久性および動作信頼性を大幅に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る希土類コバルト磁石の一実施例を示す断面図。

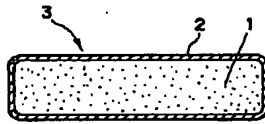
【図2】衝撃試験装置の構成を示す正面図。

【符号の説明】

1 磁石本体

- 2 単層Niめっき層（単層金属めっき層）
- 3 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石（希土類コバルト磁石）
- 4 衝撃試験装置
- 5 鋼製基台
- 6 支柱
- 7 鋼球
- 8 保持金具

【図1】



【図2】

